

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

cited in the European Search
Report of EP 03760884.1
Your Ref.: NSC-M 817-CP

PUBLICATION NUMBER : 07310141
PUBLICATION DATE : 28-11-95

APPLICATION DATE : 06-07-94
APPLICATION NUMBER : 06154512

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : SAITO YOSHIYUKI;

INT.CL. : C22C 38/00 C21D 8/02 C22C 38/18

TITLE : SEAWATER RESISTANT STEEL FOR HIGH TEMPERATURE MOISTY ENVIRONMENT
AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PURPOSE: To produce a seawater resistant steel small in the amt. of corrosion and small in pitting corrosion in a high temp. moisty environment such as the ballast tank of a tanker.

CONSTITUTION: A steel essentially consisting of 0.5 to 3.5% Cr and contg. one or more kinds of $\leq 1.5\%$ Ni and $\leq 0.8\%$ Mo and/or one more kinds of 0.005 to 0.05% Nb and 0.005 to 0.05% Ti or a steel having a compsn. similar to the same is subjected to hot rolling and is thereafter subjected to accelerated cooling at a cooling rate in the range of 3 to 20°C/sec, and the cooling is stopped in the range of 400 to 600°C.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-310141

(43) 公開日 平成7年(1995)11月28日

(51) IntCl.⁵

C 2 2 C 38/00

C 2 1 D 8/02

C 2 2 C 38/18

識別記号

3 0 1 F

庁内整理番号

A 7217-4K

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-154512

(22) 出願日 平成6年(1994)7月6日

(31) 優先権主張番号 特願平5-169907

(32) 優先日 平5(1993)7月9日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-247934

(32) 優先日 平5(1993)10月4日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-290157

(32) 優先日 平5(1993)11月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 塩谷 和彦

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社鉄鋼開発・生産本部鉄鋼研究所内

(72) 発明者 今津 司

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社鉄鋼開発・生産本部鉄鋼研究所内

(74) 代理人 弁理士 小林 英一

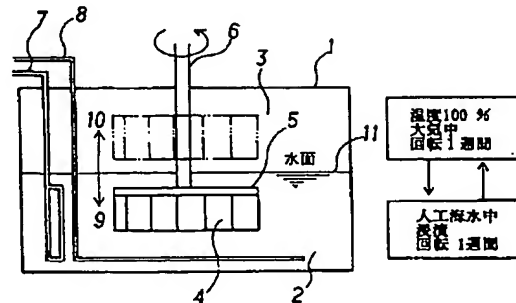
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温多湿環境用耐海水鋼およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 タンカーのバラストタンクなどのような高温多湿環境下で腐食量が少なく、かつ孔食の少ない耐海水鋼を提供する。

【構成】 Cr : 0.5 ~ 3.5 % を主成分とし、Ni : 1.5 % 以下、Mo : 0.8 % 以下のうちの1種以上、および/または 0.005 ~ 0.05 % のNb、0.005 ~ 0.05 % のTi のうちの1種以上を含む鋼、およびそのような組成の鋼を熱間圧延後、3 ~ 20 °C / sec の範囲の冷却速度で加速冷却し、400 ~ 600 °C の範囲で冷却停止して製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％を含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼。

【請求項2】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％であり、かつ1.5％以下のNi、0.8％以下のMoの1種以上の合計を1.5％以下含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼。

【請求項3】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％であり、かつ0.005～0.05％のNb、0.005～0.05％のTiの1種以上の合計を0.005～0.05％含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼。

【請求項4】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％であり、かつ1.5％以下のNi、0.8％以下のMoの1種以上の合計が1.5％以下、さらに0.005～0.05％のNb、0.005～0.05％のTiの1種以上の合計を0.005～0.05％含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼。

【請求項5】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％を含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3～20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400～600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法。

【請求項6】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％であり、かつ1.5％以下のNi、0.8％以下のMoの1種以上の合計を1.5％以下含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3～20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400～600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法。

【請求項7】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％であり、かつ0.005～0.05％のNb、0.005～0.05％のTiの1種以上の合計を0.005～0.05％含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3～20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400～600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法。

【請求項8】 重量％でC：0.1％以下、Si：0.50％以下、Mn：1.50％以下、Al：0.005～0.050％、Cr：0.50～3.50％であり、かつ1.5％以下のNi、0.8％以下のMo

の1種以上の合計が1.5％以下、さらに0.005～0.05％のNb、0.005～0.05％のTiの1種以上の合計を0.005～0.05％含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3～20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400～600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、船舶用鋼材にかかわり、特に船舶における高温多湿環境、すなわちバラストタンクや海水配管などが曝される厳しい環境に適用される際に、船舶の腐食防止に関するメンテナンスフリー化、安全性などを高めるための鋼材およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】国際海事機構(IMO)での規制により、1993年7月以降に新造されるタンカーでは、ダブルハル構造をとることが義務づけられている。ダブルハル区画はバラストタンクとして使用され、貨油タンクを保護した構造となり、事故などの場合、漏れた油による海洋汚染の防止を目的とするものである。

【0003】ダブルハル構造とすることにより、バラストタンクの海水に曝される表面積が大幅に増大(2～3倍)するため、塗装および防食面での問題点がクローズアップされる。塗装としては、タールエポキシ樹脂塗料を1～2回塗装するが、狭い空間での作業であり、3Kの代表的な職場となっている。補修にいたっては新造の際より多大な費用がかかり、危険性も高く、作業不足も問題である。防食面では、タールエポキシ樹脂塗料と電気防食を併用しているが、バラストタンク内には、海水が入りし、厳しい腐食環境である。バラストタンク内に海水がある場合は、電気防食の効果により、ほとんど腐食を受けないが、海水に漬かっていないバラストタンク最上部およびアッパーデッキ裏は高温でかつ飛沫帯という厳しい腐食環境となる。バラストタンク内に海水がない場合は、高温多湿環境となり、電気防食の効果が期待できず、タールエポキシ樹脂塗料のみの防食となる。このようなバラストタンクの寿命は約10年といわれており、船の寿命(20年)の半分である。残り10年は補修塗装で安全性を維持しなければならない。

【0004】バラストタンクはこのような厳しい腐食環境と悪条件での塗装作業が大問題であり、鋼材面からの改善すなわち高温多湿環境下での耐海水性に優れた船舶用鋼材の開発が望まれている。一方、海洋環境に使用することを目的とした耐海水鋼の開発は、1960年半ばから始まった。耐海水鋼における耐食性はさび層の特性に依存し、そして、このさび層の特性には合金元素が関与していると考えられている。海洋大気部、飛沫帯、海中部において耐食性に及ぼす合金元素の効果は違いますが、一般

に、この環境においては、Cr、Ni、Mo、Cuが耐食性に有効な元素といわれている。そして、この結果をもとにして飛沫帯用、海中用、あるいは両用といった使用環境に合わせて溶接構造用耐海水鋼が開発されてきた。これらは、水門、鋼矢板、ブイ、栈橋などに使用されている。

【0005】耐海水鋼の1例は、特開昭51-25420号公報に開示されているが、これらの鋼材は上記のような海洋構造物や港湾施設に使用され、その環境は大気温度程度の海水で、本発明鋼が使用される環境、つまり海水が出入りし、高温多湿なバラストタンク内環境とは腐食環境が異なる。そのため、特開昭51-25420号に代表される耐海水性鋼材はCuが必須元素となっているが、本発明鋼ではCuは添加していない。これは、バラストタンク内は高温多湿で海水が出入りする腐食環境であり、Cuはこの環境では耐食性には効果がない、もしくは耐食性に悪影響を及ぼすと考えられるからである。

【0006】耐海水性を有し、Cuを添加していないものとしては特開平5-302148号公報があるが、これは強磁性型のフェライトを得るために、Si:0.5~2%、Al:0.5~3%も含有している。他に特開昭64-79346号公報が開示されている。これはAlを7~20%も含有するため、鉄筋のようにほとんど溶接しない用途には問題ないが、本発明が適用されるバラストタンクのように溶接が多い用途には問題がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】現在、船舶に適用されている鋼材は、強度、靱性、溶接性を考慮した成分設計、プロセス設計により製造されているが、耐食性、防食性についての対策はほとんど考慮されていないのが現状である。そこで、本発明は合金元素の添加、圧延後の加速冷却によって、特に腐食環境の厳しいバラストタンクや、海水配管用等に耐食性の優れた鋼材を提供するものである。

【0008】バラストタンクの腐食環境は、上述のように海水の出入りおよび高温多湿環境である。タンカーを想定した場合の腐食環境は、次の通りである。中近東から日本に原油を輸送する場合、日本から中近東までは、貨油タンクは空であり、船のバランスを保ち、安全航行のためにバラストタンクに海水をほぼ満水にする。この時の腐食環境は海水中とバラストタンク上部では、飛沫帯に近い状況である。貨油タンクに原油を満載し、中近東から日本に向かう場合は、バラストタンクの海水は抜き、空とする。この時のバラストタンク内は船底に残留した海水と甲板からの熱で高温多湿状態となる。これらの腐食環境に曝される1サイクルは約40日間である。

【0009】本発明は、上記の問題を解決し、高温多湿の環境下で耐海水性が優れた鋼材およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】発明者らは、これらの腐

食環境を模擬するために、図1に示すような腐食試験装置を用いて合金元素の影響を調査した。その結果、以下に示す化学組成を有する鋼材の耐食性が優れていることを見出した。そして、適正な製造方法により、さらに耐食性が向上できることを見出した。

【0011】すなわち本発明は次のとおりである。第1の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%を含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼であり、第2の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%であり、かつ1.5%以下のNi、0.8%以下のMoの1種以上の合計を1.5%以下含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼であり、第3の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%であり、かつ0.005~0.05%のNb、0.005~0.05%のTiの1種以上の合計を0.005~0.05%含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼であり、第4の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%であり、かつ1.5%以下のNi、0.8%以下のMoの1種以上の合計が1.5%以下、さらに0.005~0.05%のNb、0.005~0.05%のTiの1種以上の合計を0.005~0.05%含み、残部がFeと不可避的不純物とからなることを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼であり、第5の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%を含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3~20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400~600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法であり、第6の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%であり、かつ1.5%以下のNi、0.8%以下のMoの1種以上の合計を1.5%以下含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3~20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400~600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法であり、第7の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%であり、かつ0.005~0.05%のNb、0.005~0.05%のTiの1種以上の合計を0.005~0.05%含み、残部がFeと不可避的不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3~20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400~600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法であり、第

8の発明は、重量%でC:0.1%以下、Si:0.50%以下、Mn:1.50%以下、Al:0.005~0.050%、Cr:0.50~3.50%であり、かつ1.5%以下のNi、0.8%以下のMoの1種以上の合計が1.5%以下、さらに0.005~0.05%のNb、0.005~0.05%のTiの1種以上の合計を0.005~0.05%含み、残部がFeと不可避免の不純物とからなる鋼材を、熱間圧延後、3~20℃/secの範囲の冷却速度で加速冷却し、該加速冷却を400~600℃の温度で停止し、以後空冷を行うことを特徴とする高温多湿環境用耐海水鋼の製造方法である。

【0012】

【作用】以下本発明について詳細に説明する。本発明の課題は、海水中と湿度100%の大気中での繰返し環境下における腐食量の低減、および局部腐食を起こさず滑らかな腐食面を保つことのできる高温多湿環境用耐海水鋼を提供することである。

【0013】腐食量の低減については、バラストタンク内は塗装および電気防食で防食するが、腐食量が少ないことは、塗装面のさび発生が少ないことであり、滑らかな腐食面を呈することは、腐食により歪みの集中あるいは金属疲労の原因となるような状況を避けるためである。この2点を満足するためには、本発明は適度なCrおよびNi、MoさらにNb、Tiの添加が有効であり、さらに熱間圧延後に炭化物の生成を抑制することにより、Cr、Moの効果が一層大きくなることを見出した。

【0014】以下、高温多湿環境用耐海水鋼の組成限定理由、およびその製造方法の限定理由を述べる。

C:0.1%以下

Cは、添加量が少ないほど、耐食性、溶接性に有利であるが、強度を左右する元素であるため、上限を0.1%とした。

【0015】Si:0.50%以下

Siは、添加量が少ないほど靱性に悪影響を及ぼさないのて上限を0.50%とした。

Mn:1.50%以下

Mnは、強度、靱性、溶接性に重要な役割をする元素であるが、1.50%を超えると、靱性、溶接性に悪影響を及ぼすので、上限を1.50%とした。

【0016】Al:0.005~0.050%

Alは、脱酸剤として添加するが、溶接性に悪影響を及ぼさない範囲で0.005~0.050%とした。

Cr:0.50~3.50%

本発明で耐食性に最も有効な元素がCrである。腐食環境が酷しいため、0.50%未満の添加では、腐食量の低減および滑らかな腐食面に対する効果は認められない。0.50%以上の添加でこれらに対する効果が現れはじめるので、下限を0.50%とした。Cr添加量を徐々に増加すると、腐食量の低減には明確な効果が現れる。しかし、3.50%を超えると急激に表面状況が孔食状となる。さらにCr添加量を増加させ、9%の添加ではステンレス鋼とほ

ば同等の孔食のみの腐食形態となる。腐食量を低減し滑らかな腐食表面を呈する領域は3.5%までであることから、Cr添加の上限を3.50%とした。好ましくは1.2~3.0%Crの添加量が良い。

【0017】Crが炭化物、窒化物などの形態をとるとそれだけ有効なCrが減少するので、Crを固溶状態としておくことが望ましい。

Ni:1.5%以下

Crの添加によって耐食性を向上させるが、さらに望ましくはNiを添加することにより、耐食性を向上させるとともに、腐食面を均一にする効果が認められる。しかし、この範囲を超えての添加は、鋼材の強度、硬さが上昇傾向にあり、材質的に、あるいは溶接性等に問題があることが予想されるのでNiの添加量は1.5%以下とした。

【0018】Mo:0.8%以下

Moの添加は、Niと同様の効果はあるが、Niよりさらに材質的、溶接性での問題があることが予想されるので、Moの添加範囲は0.8%以下とした。

Ni+Mo:1.5%以下

NiとMoは、ほぼ同様の効果が期待できる。上限値は上記のようにNi、Moとも材質的、溶接性での問題があることから、上限値をNi+Moで1.5%とした。

【0019】Ti:0.005~0.05%

耐食性に有効な元素はCr、Ni、Moであるが、製造工程においてCr、Moは炭化物を形成しやすく、耐食性を有効に発揮する固溶Cr、固溶Moを損なう。Tiは炭化物形成元素であり、Cとの親和力がCr、Moよりも強いのでTi炭化物が優先的に形成し、このためCr、Mo炭化物の形成を減少させ固溶量の減少が防げる。0.005%未満ではこの効果が認められない。0.05%を超すと母材靱性が損なわれるようになるので0.005~0.05%に限定する。

【0020】Nb:0.005~0.05%

NbもTiと同様、炭化物形成元素である。Nbの添加によりCr、Mo炭化物の形成を減少させ、固溶Cr、固溶Moによる耐食性が有効に発揮される。0.005%未満ではこの効果が認められない。また0.05%超では靱性を劣化させるのでNbの添加量の上限を0.05%とする。

【0021】Nb+Ti:0.005~0.05%

Cr、Mo炭化物の生成を抑制し、固溶Cr、Mo量を増大させることにより耐食性を有効に発揮させる効果は、NbとTiともほぼ同等である。しかし、Nb+Ti添加量が0.005%以上でないとその効果が認められない。また靱性面から上限値は0.05%とした。

【0022】次に、高温多湿環境用耐海水鋼の耐腐食性をさらに向上させる製造条件の限定理由について述べる。熱間圧延後の冷却速度が3℃/sec未満では、冷却中にCr炭化物およびMo炭化物が析出するため、固溶CrおよびMoによる耐海水腐食性の効果がうすれる。そのため冷却速度の下限を3℃/secとした。冷却速度が20℃/secを超えると、変態生成物が増加し靱性が劣化するため、冷

(5)

特開平7-310141

7

却速度の上限を20℃/secとした。加速冷却後の冷却停止温度が600℃を超えては、加速冷却後にCr炭化物およびMo炭化物が析出するため、固溶CrおよびMoによる耐海水腐食性の効果がうすれる。そのため、冷却停止温度の上限を600℃とした。加速冷却後の冷却停止温度が400℃未満では、変態生成物が増加し靱性が劣化するため、冷却停止温度の下限を400℃とした。

【0023】

【実施例】

実施例1（請求項1に対する実施例）

図1に示す試験装置を用いて、船舶のバラストタンクを模擬した試験を行った。ここで、試験法について述べる。図1に示すように試験槽1にASTM D1141による人工海水2で試験槽1の半分を満たした。試験材4をこの人工海水中に1週間浸漬し、その後、この試験材4を温度100%の大気3中に引き上げ1週間放置、その後、再度人工海水2中に1週間浸漬というサイクルを繰り返した。試験材取り付けドラム5の回転速度は人工海水中、温度100%大気中ともに、0.5m/secであり、試験槽1の下部から空気をバブリングして、海水を攪拌させるとともに海水中に酸素を補給する。試験槽蓋部は、密閉状態に近い状態、人工海水と大気温度の差は1℃以下であり、大気中の湿度はほぼ100%である。本実施例1はこの装置を用いて40℃の人工海水浸漬1週間と温度100%、40℃の大気中1週間で1サイクルとした腐食試験を5サイクル行った。なお、試験材は1150℃、1時間加熱後熱間圧延を行い、その後空冷（冷却速度：0.5℃/sec）することにより作製した。

【0024】試験材の成分を表1に、腐食量測定結果、腐食面の表面状況評価および腐食深さの測定結果を表2に示す。腐食深さ測定結果は、デプスゲージを用いて大

8

きいものから10点測定し、その最大腐食深さと平均腐食深さを示した。また試験終了後さびを除去し、あとの表面の滑らかさから腐食面の表面状況を判定した。均一な腐食でしかも凹凸の小さいほど◎の方向であり、○、△、×の順に腐食面が不均一で凹凸が大きくなるとして判定した。また、図2にはCr量に対する腐食量、図3にはCr量に対する腐食深さの関係を示す。比較材としては、従来、船舶に採用されている鋼種でNK規格（日本海事協会）KA36を同時に試験した。試験の結果は以下の通りである。

【0025】

【表1】

(wt%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al
発明鋼1	0.06	0.31	1.42	0.020	0.005	0.68	0.025
発明鋼2	0.06	0.32	1.40	0.020	0.005	1.01	0.020
発明鋼3	0.05	0.30	1.45	0.020	0.005	2.04	0.021
発明鋼4	0.05	0.31	1.40	0.020	0.005	2.98	0.022
発明鋼5	0.05	0.32	1.38	0.020	0.005	3.41	0.025
比較鋼1	0.06	0.30	1.40	0.020	0.005	0.45	0.020
比較鋼2	0.05	0.31	1.40	0.020	0.005	3.78	0.024
比較鋼3	0.05	0.32	1.40	0.020	0.005	5.10	0.020
比較鋼4	0.05	0.33	1.39	0.022	0.005	6.07	0.023
比較鋼5	0.05	0.31	1.40	0.022	0.005	9.05	0.025
比較鋼6	0.05	0.32	1.38	0.020	0.005	13.10	0.022
KA36	0.10	0.34	1.42	0.017	0.002	0.02	0.023

【0026】

【表2】

鋼 種	40℃、5サイクル					
	腐 食 量			腐 食 深 さ		
	腐 食 量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価
発明鋼 1	7.4	0.094	7.9	0.42	0.36	○
発明鋼 2	7.2	0.092	7.7	0.43	0.31	○
発明鋼 3	5.7	0.073	6.1	0.36	0.24	◎
発明鋼 4	3.5	0.045	3.7	0.33	0.25	◎
発明鋼 5	3.4	0.043	3.6	0.45	0.31	○
比較鋼 1	8.3	0.106	8.8	0.52	0.39	△
比較鋼 2	3.2	0.041	3.4	0.51	0.36	△
比較鋼 3	3.8	0.048	4.0	0.49	0.36	×
比較鋼 4	4.3	0.055	4.6	0.55	0.48	×
比較鋼 5	3.0	0.038	3.2	0.69	0.61	×
比較鋼 6	6	0.08	6	1.09	0.81	×
KA36	9.4	0.120	100	0.50	0.41	△

【0027】(1) 腐食量

Crの添加量を多くするにしたがって腐食量は減少するが、5～6%Crでやや腐食量が増加する。さらにCrの添加量を多くすると、腐食量は減少する。なお、腐食量は、初期試験片重量と上記の腐食試験後、脱錆した試験片重量の差から求め、単位試験片表面積あたりに換算した。また平均板厚減少量は、腐食量からの計算値である。

(2) 腐食深さおよび腐食形態

腐食深さは、3～4%Cr添加までは比較材KA36より小さくなるが、さらにCr添加量を多くすると、最大腐食深さ、平均腐食深さとも次第に大きくなる。3.5%Cr以下では、全面腐食形態を呈するが、それ以上になると局部腐食形態となる。比較例2～4ではほぼ全面が均一な腐食を受けず、局部腐食であった。局部腐食状態では、応力集中を受けるなど使用上に問題が出てくる。鋼材の腐

食量が小さく、腐食面が滑らかであるCr添加範囲は3.5%Cr以下であり、0.5%未満の添加では、その効果が小さいことがわかる。

【0028】実施例2、3、4（請求項2、3、4に対する実施例）

請求項2に対する試験材の成分を表3に、腐食量測定結果、腐食面の表面状況評価および腐食深さの測定結果を表4に示す。請求項3に対する試験材の成分を表5に、腐食量測定結果、腐食面の表面状況評価および腐食深さの測定結果を表6に示す。

【0029】請求項4に対する試験材の成分を表7に、腐食量測定結果、腐食面の表面状況評価および腐食深さの測定結果を表8に示す。

【0030】

【表3】

(7)

特開平7-310141

11



12

(wt%)

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Ni+Mo
発明鋼 1	0.06	0.31	1.42	0.014	0.004	0.022	1.02	0.42	0.15	0.57
発明鋼 2	0.06	0.32	1.43	0.010	0.003	0.023	1.02	0.80	0.27	1.07
発明鋼 3	0.06	0.30	1.40	0.011	0.004	0.025	1.03	1.20	—	1.20
発明鋼 4	0.05	0.31	1.42	0.008	0.004	0.022	2.02	0.42	0.21	0.63
発明鋼 5	0.05	0.32	1.40	0.009	0.004	0.025	2.02	0.84	0.44	1.28
発明鋼 6	0.05	0.33	1.42	0.008	0.004	0.022	2.01	—	0.60	0.60
発明鋼 7	0.05	0.35	1.41	0.010	0.003	0.023	3.00	0.40	0.15	0.55
比較鋼 1	0.06	0.32	1.40	0.020	0.005	0.020	1.01	—	—	0.00
比較鋼 2	0.05	0.30	1.45	0.020	0.005	0.021	2.04	—	—	0.00
比較鋼 3	0.05	0.31	1.40	0.020	0.005	0.022	2.98	—	—	0.00
比較鋼 4	0.05	0.33	1.41	0.008	0.004	0.021	2.02	1.78	—	1.78
比較鋼 5	0.05	0.30	1.39	0.009	0.005	0.025	2.02	—	1.02	1.02
比較鋼 6	0.05	0.31	1.40	0.008	0.004	0.022	2.01	1.80	1.00	2.80
KA36	0.10	0.34	1.42	0.017	0.002	0.023	0.02	0.01	0.01	0.02

【0031】

* * 【表4】

鋼 種	40℃、5サイクル						vE ₀ (母材) J
	腐 食 量			腐 食 深 さ			
	腐 食 量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価	
発明鋼 1	55	0.083	69	0.42	0.31	○	
発明鋼 2	58	0.074	62	0.40	0.29	◎	
発明鋼 3	55	0.070	59	0.38	0.28	◎	
比較鋼 1	72	0.092	77	0.43	0.31	○	
発明鋼 4	48	0.061	51	0.34	0.24	◎	
発明鋼 5	46	0.059	49	0.32	0.23	◎	
発明鋼 6	49	0.062	52	0.35	0.24	◎ 	270
比較鋼 2	57	0.073	61	0.36	0.24	◎	
発明鋼 7	31	0.039	33	0.30	0.27	◎ 	
比較鋼 3	35	0.045	37	0.33	0.27	◎	
比較鋼 4	47	0.060	50	0.32	0.24	○	240
比較鋼 5	50	0.064	53	0.35	0.25	○	245
比較鋼 6	46	0.059	49	0.31	0.23	○	200
KA36	94	0.120	100	0.50	0.41	△	260

【0032】

【表5】

(8)

特開平7-310141

13

14
(wt%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Nb	Ti	Nb+Ti
発明鋼1	0.06	0.31	1.40	0.021	0.005	0.70	0.023	0.021	0.026	0.047
発明鋼2	0.06	0.32	1.39	0.020	0.005	1.01	0.023	0.020	—	0.020
発明鋼3	0.06	0.30	1.41	0.020	0.005	1.05	0.024	—	0.030	0.030
発明鋼4	0.05	0.30	1.40	0.020	0.005	2.00	0.023	0.030	0.015	0.045
発明鋼5	0.05	0.31	1.40	0.020	0.005	2.00	0.023	0.020	0.020	0.040
発明鋼6	0.05	0.32	1.38	0.020	0.005	3.35	0.024	0.025	0.020	0.045
比較鋼1	0.06	0.31	1.42	0.020	0.005	0.68	0.025	—	—	0
比較鋼2	0.06	0.32	1.40	0.020	0.005	1.01	0.020	—	—	0
比較鋼3	0.05	0.30	1.45	0.020	0.005	2.04	0.021	—	—	0
比較鋼4	0.05	0.31	1.41	0.020	0.005	2.04	0.021	0.003	—	0.003
比較鋼5	0.05	0.32	1.38	0.020	0.005	3.41	0.024	—	—	0
比較鋼6	0.05	0.30	1.40	0.019	0.005	2.00	0.024	0.060	—	0.160
比較鋼7	0.05	0.31	1.41	0.020	0.004	2.01	0.023	—	0.065	0.065
比較鋼8	0.05	0.32	1.42	0.020	0.005	2.00	0.023	0.030	0.030	0.060
KA36	0.10	0.34	1.42	0.017	0.002	0.02	0.023	—	—	0

【0033】

* * 【表6】

鋼 種	40℃、5サイクル						vE。 (母材) J
	腐 食 量			腐 食 深 さ			
	腐 食 量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価	
発明鋼1	65	0.083	69	0.40	0.29	○〜◎	
比較鋼1	74	0.094	79	0.42	0.36	○	
発明鋼2	60	0.076	64	0.35	0.24	◎	
発明鋼3	58	0.074	62	0.35	0.23	◎	
比較鋼2	72	0.092	77	0.43	0.31	◎	300
発明鋼4	49	0.062	52	0.31	0.24	◎	
発明鋼5	52	0.066	55	0.32	0.22	◎	
比較鋼3	57	0.073	61	0.36	0.24	◎	
比較鋼4	56	0.071	60	0.33	0.25	◎	245
発明鋼6	30	0.038	32	0.45	0.30	○	
比較鋼5	34	0.043	36	0.45	0.31	○	
比較鋼6	50	0.064	53	0.32	0.24	◎	
比較鋼7	50	0.064	53	0.33	0.24	◎	246
比較鋼8	50	0.064	53	0.33	0.25	◎	247
KA36	94	0.120	100	0.50	0.41	△	260

【0034】

【表7】

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Ni+Mo	Nb	Ti	Nb+Ti
発明鋼1	0.06	0.31	1.39	0.010	0.005	0.023	1.00	0.78	0.24	1.02	0.010	0.015	0.025
発明鋼2	0.06	0.30	1.40	0.011	0.005	0.024	1.03	1.16	—	1.16	0.011	0.012	0.023
発明鋼3	0.06	0.32	1.41	0.010	0.005	0.025	1.01	0.75	0.20	0.95	—	0.020	0.020
発明鋼4	0.05	0.31	1.42	0.010	0.004	0.020	2.05	0.82	0.40	1.22	0.012	0.010	0.022
発明鋼5	0.05	0.31	1.41	0.010	0.004	0.022	2.02	—	0.58	0.58	0.030	—	0.030
発明鋼6	0.05	0.32	1.43	0.010	0.003	0.025	3.01	0.39	0.15	0.54	0.010	0.010	0.020
比較鋼1	0.06	0.31	1.42	0.014	0.004	0.022	1.02	0.42	0.15	0.57	—	—	0
比較鋼2	0.06	0.32	1.43	0.010	0.003	0.023	1.02	0.80	0.27	1.07	—	—	0
比較鋼3	0.06	0.30	1.40	0.011	0.004	0.025	1.03	1.20	—	1.20	—	—	0
比較鋼4	0.06	0.31	1.40	0.010	0.005	0.023	1.00	0.78	0.27	1.05	0.004	—	0.004
比較鋼5	0.05	0.32	1.40	0.009	0.004	0.025	2.02	0.84	0.44	1.28	—	—	0
比較鋼6	0.05	0.30	1.39	0.008	0.004	0.022	2.01	—	0.60	0.60	—	—	0
比較鋼7	0.05	0.31	1.41	0.009	0.004	0.022	2.01	1.42	0.19	0.61	—	0.003	0.003
比較鋼8	0.05	0.35	1.41	0.010	0.003	0.023	3.00	0.40	0.15	0.55	—	—	0
KA36	0.10	0.34	1.42	0.017	0.002	0.02	0.023	—	—	—	—	—	0

【0035】

* * [表8]

鋼種	40℃、5サイクル					
	腐食量			腐食深さ		
	腐食量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ(mm)	平均腐食 深さ(mm)	腐食面の表面 状況評価
発明鋼1	5.4	0.069	5.7	0.31	0.24	◎
発明鋼2	5.1	0.065	5.4	0.32	0.22	◎
発明鋼3	5.2	0.066	5.5	0.33	0.23	◎
比較鋼1	6.5	0.083	6.9	0.42	0.31	○
比較鋼2	5.8	0.074	6.2	0.40	0.29	◎
比較鋼3	5.5	0.070	5.9	0.38	0.28	◎
比較鋼4	5.8	0.074	6.2	0.37	0.29	◎
発明鋼4	3.8	0.048	4.0	0.31	0.21	◎
発明鋼5	4.3	0.055	4.6	0.30	0.21	◎
比較鋼5	4.6	0.059	4.9	0.32	0.23	◎
比較鋼6	4.9	0.062	5.2	0.35	0.25	◎~○
比較鋼7	4.9	0.062	5.2	0.35	0.26	◎~○
発明鋼6	2.7	0.034	2.9	0.30	0.26	◎~○
比較鋼8	3.1	0.039	3.3	0.30	0.27	◎~○
KA36	9.4	0.120	10.0	0.50	0.41	△

【0036】以上の腐食試験片の製造方法、腐食試験の試験方法および評価方法、試験条件は実施例1と全く同じである。鋼材の腐食量が小さく、腐食面が滑らかであるCr添加範囲は、実施例1同様0.5~3.5%Crであった。表4ではCr量が同レベルでの発明鋼と比較鋼を比較

している。発明鋼1~3と比較鋼1は1%Cr、発明鋼4~6と比較鋼2は2%Cr、発明鋼7と比較鋼3は3%Crである。Ni+Mo量が多くなるにしたがい、腐食量、腐食深さが小さくなり、腐食面の凹凸も小さくなり、均一腐食形態となる。特に、Ni、Moの添加は腐食量の軽減に効

果がある。

【0037】しかし、発明鋼4、5、6と比較鋼4、5、6を比較すると分かるように、Ni、Moが適正範囲外となると靱性が劣化する。表6はCr量が同レベルでの発明鋼と比較鋼を比較している。発明鋼1と比較鋼1は0.7%Cr、発明鋼2、3と比較鋼2は1%Cr、発明鋼4、5と比較鋼3、4は2%Cr、発明鋼6と比較鋼5は3.4%Crである。Nb+Ti量が多くなるにしたがい、腐食量、腐食深さが小さくなる。また、発明鋼4、5と比較鋼6、7、8を比較すると分かるように、Nb、Ti添加量が

多いと母材の靱性は低下する。
【0038】表8では上記と同様、Cr量が同レベルでの発明鋼と比較鋼を比較している。前述したように、Ni、MoおよびNb、Ti添加により腐食量、腐食深さが小さくな*

*っている。

実施例5（請求項5に対する実施例）

供試材として請求項1についての実施例で用いた表1の発明鋼2、3、4と、比較材として従来鋼のKA36を使用して1150℃、1時間加熱後熱間圧延を行い、表9に示す製造条件で製造した試験材から得た試験片を、実施例1で用いた同じ試験装置を用いて腐食試験を行った。腐食試験の試験方法および評価方法、試験条件は実施例1と全く同じである。その腐食量測定結果、腐食面の表面状況評価および腐食深さの測定結果、母材シャルピー衝撃試験結果を表10に示す。

【0039】

【表9】

製造条件	圧延後の冷却速度 (℃/sec)	冷却停止温度 (℃)	備 考
A	0.5	—	本発明の製造条件範囲外
B	5	500	本発明の製造条件範囲内
C	15	650	本発明の製造条件範囲外
D	15	500	本発明の製造条件範囲内
E	15	350	本発明の製造条件範囲外
F	25	500	本発明の製造条件範囲外

【0040】

※ ※【表10】

鋼 種	製造条件	40℃、5サイクル						vE ₀ (母材) J	
		腐 食 型			腐 食 深 さ				
		腐 食 量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価		
発明鋼 2	A	72	0.092	77	0.43	0.31	○		比較例
発明鋼 2	B	60	0.076	64	0.36	0.24	○~◎		本発明例
発明鋼 2	C	68	0.087	72	0.42	0.29	○		比較例
発明鋼 2	D	56	0.071	60	0.34	0.26	○~◎		本発明例
発明鋼 3	A	57	0.073	61	0.36	0.24	◎		比較例
発明鋼 3	D	48	0.061	51	0.34	0.23	◎		本発明例
発明鋼 4	A	35	0.045	37	0.33	0.25	◎	290	比較例
発明鋼 4	B	33	0.042	35	0.27	0.20	◎	302	本発明例
発明鋼 4	C	35	0.045	37	0.32	0.26	◎	292	比較例
発明鋼 4	D	29	0.037	31	0.29	0.22	◎	310	本発明例
発明鋼 4	E	29	0.037	31	0.29	0.23	◎	220	比較例
発明鋼 4	F	30	0.038	32	0.31	0.24	◎	210	比較例
KA36	A	94	0.120	100	0.50	0.41	△	260	比較例

【0041】その結果を次にまとめると次のとおりである。

(1) 腐食量

圧延後空冷という条件で試験材を製造した実施例1ではCr添加により従来鋼KA36より腐食量は減少するが、圧延後の加速冷却、冷却停止条件を本発明の条件範囲内で製

造することにより、腐食量はさらに顕著に減少する。腐食深さについても本発明範囲内の条件で製造することにより、腐食深さは小さくなる傾向にある。

(2) 靱性

本発明の範囲内の条件で製造を行っても、靱性の劣化が見られないが、冷却速度の上限を上、または冷却停止温度の下限を下に超えると、吸収エネルギー（ vE_0 ）が上昇し、靱性が劣化する。

【0042】実施例6、7、8（請求項6、7、8に対する実施例）

1150℃で1時間加熱後、熱間圧延を行い、表9に示す製造条件で製造した試験材から得た試験片を、実施例1で用いたと同じ試験装置を用いて腐食試験を行った。腐食量測定結果、腐食面の表面状況評価、腐食深さの測定結果、母材シャルピー衝撃試験結果を請求項6に対して表11に、請求項7に対して表12に、請求項8に対して表13*

*に示す。表11における発明鋼7は請求項2についての実施例で用いた発明鋼7であり、表12における発明鋼6は請求項3についての実施例で用いた発明鋼6であり、表13における発明鋼6は請求項4についての実施例で用いた発明鋼6である。腐食試験の試験方法および評価方法、試験条件は実施例1と全く同じである。

【0043】熱間圧延後、本発明範囲内の加速冷却、冷却停止条件で製造することにより、腐食量は減少することにより、腐食深さは小さくなる傾向にある。本発明の範囲内の条件で製造を行っても、靱性の劣化が見られないが、冷却速度の上限を上、または冷却停止温度の下限を下に超えると、0℃でのシャルピー吸収エネルギー（ vE_0 ）が上昇し、靱性が劣化する。

【0044】

【表11】

鋼 種	製造条件	40℃、5サイクル						J.E. (母材) J	
		腐 食 量			腐 食 深 さ				
		腐 食 量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価		
発明鋼 7	A	31	0.039	37	0.30	0.27	◎~○	266	比較例
発明鋼 7	B	27	0.034	33	0.27	0.26	◎	285	本発明例
発明鋼 7	C	30	0.038	38	0.30	0.26	◎~○	266	比較例
発明鋼 7	D	26	0.033	28	0.28	0.25	◎	290	本発明例
発明鋼 7	E	26	0.033	28	0.28	0.26	◎	212	比較例
発明鋼 7	F	27	0.034	29	0.29	0.27	◎~○	195	比較例
KA36	A	95	0.121	100	0.50	0.41	△	260	比較例

【0045】

※30※【表12】

編 号	製造条件	40℃、5サイクル						vE ₀ (母材) J	
		腐 食 量			腐 食 深 さ				
		腐 食 量 (mg/cm^2)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価		
発明鋼 6	A	30	0.038	32	0.45	0.30	○	270	比較例
発明鋼 6	B	28	0.036	30	0.40	0.28	◎~○	275	本発明例
発明鋼 6	C	30	0.038	32	0.45	0.31	○	272	比較例
発明鋼 6	D	27	0.034	29	0.37	0.27	◎~○	278	本発明例
発明鋼 6	E	27	0.034	29	0.37	0.27	◎~○	220	比較例
発明鋼 6	F	28	0.036	30	0.38	0.28	◎~○	202	比較例
KA36	A	94	0.120	100	0.50	0.41	△	260	比較例

【0046】

【表13】

鋼 種	製造条件	40℃、5サイクル						V.E. (母材) J	
		腐 食 量			腐 食 深 さ				
		腐 食 量 (mg/cm ²)	平均板厚減少量 (片面、mm)	比較材KA36 との比 (%)	最大腐食 深さ (mm)	平均腐食 深さ (mm)	腐食面の表面 状況評価		
発明鋼 6	A	2.7	0.034	2.9	0.30	0.26	◎〜○	295	比較例
発明鋼 6	B	2.3	0.029	2.4	0.27	0.19	◎	295	本発明例
発明鋼 6	C	2.6	0.033	2.8	0.30	0.25	◎〜○	290	比較例
発明鋼 6	D	2.1	0.027	2.2	0.25	0.13	◎	310	本発明例
発明鋼 6	E	2.1	0.027	2.2	0.25	0.13	◎	220	比較例
発明鋼 6	F	2.2	0.028	2.3	0.27	0.19	◎	202	比較例
KA36	A	9.4	0.120	100	0.50	0.41	△	260	比較例

【0047】

【発明の効果】以上のように、本発明による高温多湿環境用耐海水鋼は、苛酷な腐食環境である船舶のバラストタンク、海水配管などに適用することにより、優れた耐食性を有し、船舶のメンテナンスフリー化に寄与するとともに、船舶に安全性を付与、維持するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】バラストタンク模擬試験装置の概略を示す説明図である。

【図2】試験材（発明鋼および比較鋼）の腐食量に及ぼすCr添加量の影響を示す特性図である。

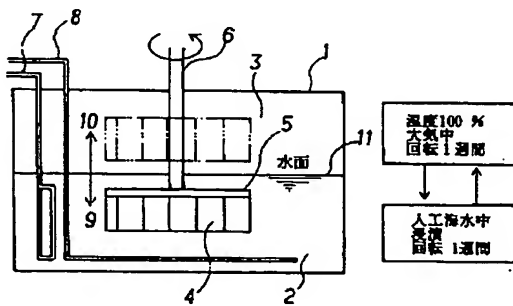
【図3】試験材（発明鋼および比較鋼）の最大腐食深さ、平均腐食深さに及ぼすCr添加量の影響を示す特性図

である。

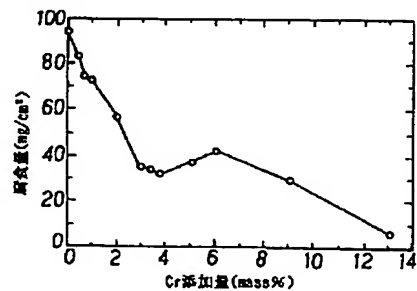
【符号の説明】

- 1 試験槽
- 2 人工海水
- 3 湿度 100% 大気
- 4 試験材
- 5 試験材取り付けドラム
- 6 回転軸
- 7 ヒーター
- 8 空気バブリング配管
- 9 試験材位置（海水中）
- 10 試験材位置（大気中）
- 11 人工海水面

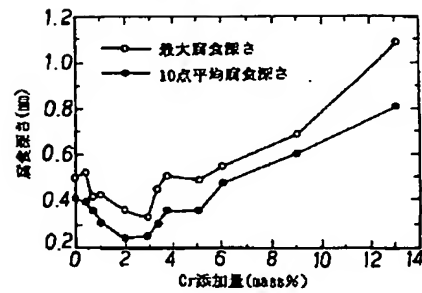
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願平6-53916
 (32)優先日 平6(1994)3月24日
 (33)優先権主張国 日本(JP)

(72)発明者 木村 光男
 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
 鉄株式会社鉄鋼開発・生産本部鉄鋼研究所
 内
 (72)発明者 斉藤 良行
 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
 鉄株式会社鉄鋼開発・生産本部鉄鋼研究所
 内

THIS PAGE BLANK (USPTO)